



(19)

(11) Publication number: 200

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2001251055

(51) Int'l. Cl.: H03L 7/10 H03L 7/099 H03I

(22) Application date: 22.08.01

(30) Priority: 06.09.00 US 2000 656023

(71) Applicant: INTERNATL BUSINES CORP &lt;IBM&gt;

(43) Date of application publication: 12.04.02

(72) Inventor: AMIT BERSTEIN

(84) Designated contracting states:

(74) Representative:

### (54) AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM FOR PHASE LOCKED LOOP

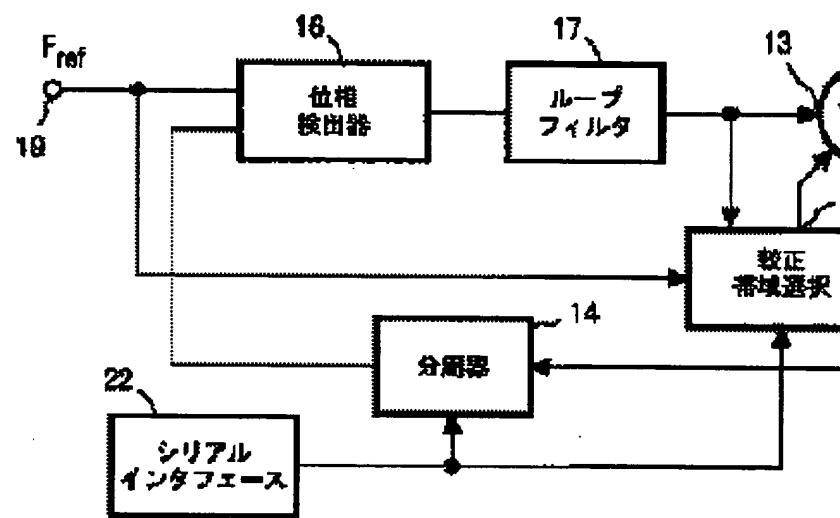
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an automatic calibration circuit for a phase locked loop of a frequency synthesizer.

**SOLUTION:** An automatic calibration circuit 21 selects an operational frequency range of a VCO(voltage controlled oscillator) 12 of the phase locked loop. After tuning an operational frequency of the VCO 12 at one end of a tuned frequency at every changing of a frequency, the circuit 21 converts the range to digital. When a control voltage at a control input terminal 13 of the VCO 12 is changed from the present value, an operation to select a range is disabled. At that time, it is allowed to synchronize by using a reference signal of the loop. According to the circuit 21, it becomes available for a quick selection of a channel

frequency even in an application such as a cellular phone necessary to change a frequency within several microseconds.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-111492

(P2002-111492A)

(43)公開日 平成14年4月12日 (2002.4.12)

(51)Int.Cl.  
H 03 L 7/10  
7/099  
7/187

識別記号

F I  
H 03 L 7/10  
7/08  
7/18

デマコード(参考)  
A 5 J 1 0 6  
F  
D

審査請求 有 請求項の数24 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-251055(P2001-251055)  
(22)出願日 平成13年8月22日 (2001.8.22)  
(31)優先権主張番号 09/656023  
(32)優先日 平成12年9月6日 (2000.9.6)  
(33)優先権主張国 米国 (U.S.)

(71)出願人 390009531  
インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション  
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION  
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)  
(74)代理人 100086243  
弁理士 坂口 博 (外2名)

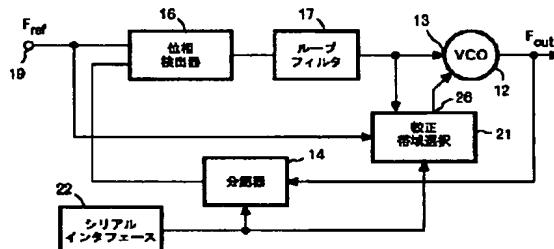
最終頁に続く

(54)【発明の名称】位相同期ループ用の自動較正システム

(57)【要約】

【課題】周波数合成器の位相同期ループ用の自動較正回路を提供する。

【解決手段】自動較正回路21は、位相同期ループのVCO(電圧制御発振器)12の動作周波数帯域を選択する。周波数を変更するごとに、VCO12の動作周波数をその同調周波数の一端に設定したのち、VCO12の動作周波数帯域をディジタルに変化させる。VCO12の制御入力端子13に現れる制御電圧が現在値から変化すると、帯域を選択する動作を禁止する。このとき、位相同期ループの基準信号を使って同期をとることが可能になる。本発明に係る自動較正回路によれば、数マイクロ秒で周波数の変更を行なう必要のあるセルラー電話などの応用において迅速にチャネル周波数を選択することが可能になる。



## 【特許請求の範囲】

- 【請求項 1】周波数合成器の位相同期ループ用の自動較正システムであって、  
 ディジタル信号に応答して動作して動作周波数帯域を変化させる、複数の周波数帯域において信号を発生させる電圧制御発振器であって、制御電圧に応答して前記複数の周波数帯域の各々の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素を備えた電圧制御発振器と、  
 前記電圧制御発振器の 1 つの周波数帯域を選択する間に、前記複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタと、  
 前記電圧制御発振器の動作周波数を前記電圧制御発振器の同調範囲の一端で確立する電圧を供給する基準電圧源と、  
 前記電圧制御発振器の帯域変更動作の始めにおいて、前記基準電圧源を使って前記電圧制御発振器の制御入力端子を充電するスイッチング回路と、  
 前記カウンタをインデックス付けして前記電圧制御発振器用に別の動作帯域を選択する際に依拠するクロック信号を前記カウンタに供給するクロック信号発生器と、  
 前記カウンタが選択した各帯域ごとに前記電圧制御発振器の制御入力端子に現れる同調電圧を検知すると共に、この制御入力端子に現れる同調電圧が充電レベルよりも減少したら前記カウンタが新たに帯域を切り換えるのを禁止する比較器とを備えた自動較正システム。  
 【請求項 2】前記周波数合成器が新たな信号周波数を発生させるべきたびごとに同一の帯域を選択するよう、各較正間隔の始めに前記カウンタをリセッする、請求項 1 に記載の自動較正システム。  
 【請求項 3】前記電圧制御発振器がその同調範囲の上端に偏倚されている、請求項 1 に記載の自動較正システム。  
 【請求項 4】前記周波数合成器が新たな信号周波数を発生させるべきたびごとに、前記スイッチング回路を閉じて前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電する、請求項 2 に記載の自動較正システム。  
 【請求項 5】前記制御入力端子は、前記スイッチング回路から印加される前記基準電圧を蓄えるコンデンサを備えている、請求項 1 に記載の自動較正システム。  
 【請求項 6】周波数合成器の動作周波数帯域を選択する自動較正システムであって、  
 前記周波数合成器がディジタル信号に応答して複数の動作周波数帯域の中から 1 つを選択するように出力信号を発生させる電圧制御発振器であって、制御電圧入力端子で受信される制御電圧に応答して前記 1 つの周波数帯域の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素を備えた電圧制御発振器と、  
 前記電圧制御発振器の動作周波数を前記電圧制御発振器の同調範囲の一端で確立する電圧を前記電圧同調要素に供給する基準電圧源と、

- 較正間隔の始めにおいて前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電するスイッチング回路と、前記電圧制御発振器の前記制御入力端子に現れる電圧と前記基準電圧とを比較する比較器と、  
 前記周波数合成器の較正の間に前記複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタであって、前記電圧制御発振器の始めの動作帯域を設定したのち、連続的に別の動作周波数帯域に切り換えて、前記比較器が、前記制御電圧と前記基準電圧とは前記周波数合成器の位相同期ループが、選択した周波数で周波数同期状態を確立していることを示す所定の関係にある、と判断するようにするカウンタとを備えた自動較正システム。  
 【請求項 7】前記カウンタが始めの動作帯域を前記複数の周波数帯域の中で最も低いものに設定する、請求項 6 に記載の自動較正システム。  
 【請求項 8】複数の離散した周波数帯域において位相同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、  
 20 前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、  
 前記電圧制御発振器の動作周波数を離散した階段状に変化させるステップと、  
 前記電圧制御発振器の前記制御電圧を監視するステップと、  
 前記制御電圧が前記基準電圧から変動したときに、前記電圧制御発振器の動作周波数が現在値から変化するのを禁止するステップとを備えた方法。  
 30 【請求項 9】さらに、各較正間隔の前に前記電圧制御発振器の制御入力端子を予充電するステップを備えた、請求項 8 に記載の方法。  
 【請求項 10】さらに、各較正間隔の前に前記電圧制御発振器の動作周波数帯域を前記複数の離散した周波数帯域の中の所定の周波数帯域にリセットするステップを備えた、請求項 8 に記載の方法。  
 【請求項 11】前記予充電するステップが、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の高い周波数端に設定し、  
 40 前記周波数帯域の変更を最も低い動作周波数帯域から始める、請求項 8 に記載の方法。  
 【請求項 12】前記制御電圧が前記基準電圧未満になつたら、動作周波数を新たに変更するのを禁止する、請求項 9 に記載の方法。  
 【請求項 13】前記動作周波数を離散した階段状に変化させるステップが、  
 前記電圧制御発振器が基準信号を使って同期状態を達成するのを可能にする持続時間を有するクロック信号を発生させるステップと、  
 50

前記クロック信号をカウントして前記動作周波数帯域を変化させるステップを引き出し、それにより、前記基準信号を含む前記周波数帯域が選択されたときに、前記電圧制御発振器が位相同期ループの同期状態を確立するステップとを備えている、請求項8に記載の方法。

【請求項14】前記周波数帯域を、前記基準電圧と前記制御電圧との間の関係で決まる方向に階段状に変化させる、請求項8に記載の方法。

【請求項15】さらに、

始めて、最も低い動作周波数帯域と最も高い動作周波数帯域との間にある動作周波数帯域を選択するステップを備えた、請求項11に記載の方法。

【請求項16】周波数合成器の動作周波数帯域を選択する自動較正システムであって、

前記周波数合成器の出力信号を発生させる電圧制御発振器であって、ディジタル信号に応答して選択的に動作し複数の動作周波数帯域の中から1つの動作周波数帯域を選択する複数の固定同調要素と、前記1つの動作周波数帯域の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素とを備えた電圧制御発振器と、

前記電圧制御発振器の動作周波数をその同調周波数の一端で確立する電圧を供給する基準電圧源と、

前記電圧制御発振器用に新たな動作帯域が選択されるごとに、前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電するスイッチング回路と、

前記電圧制御発振器の制御入力端子の電圧と前記基準電圧とを比較する比較器と、

前記周波数合成器の較正の間に複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタであって、前記電圧制御発振器の始めの動作周波数帯域を設定し、前記動作周波数帯域を連続的に増減させて前記比較器が前記周波数合成器は選択された周波数で位相同期状態を達成したと判断するようにするカウンタとを備えた自動較正システム。

【請求項17】前記カウンタが、

前記電圧制御発振器の高動作周波数帯域と低動作周波数帯域との間にある、前記電圧制御発振器の初期動作周波数帯域を選択し、前記選択された周波数を探索する間、前記制御電圧と前記基準電圧との比較の結果に応じて前記初期動作周波数帯域をより高いまたはより低い動作周波数帯域に連続的に変化させるようにプログラムされている、請求項16に記載の自動較正システム。

【請求項18】前記カウンタがSARレジスタであり、前記SARレジスタは、

クロック・パルスに応答してその内容を前記初期動作周波数帯域を特定している初期カウント値から右にシフトさせ、

前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じてそのMSBの値を変更する、請求項17に記載の自動較正システム。

【請求項19】前記カウンタが、前記高動作周波数帯域と前記低動作周波数帯域との中间にある周波数帯域を選択し、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて前記高動作周波数帯域および前記低動作周波数帯域の一方と前記中間周波数帯域との間にある周波数帯域を次の周波数帯域として選択する、請求項17に記載の自動較正システム。

【請求項20】複数の離散した周波数帯域において位相同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、

前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、

前記制御電圧と基準電圧とを比較することにより前記電圧制御発振器の前記制御電圧を監視するステップと、前記電圧制御発振器の動作周波数を、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて、より高いまたはより低い動作周波数帯域に離散した階段状に変化させるステップと、

前記電圧制御発振器の動作周波数帯域が変化することに、前記電圧制御発振器の制御電圧を基準電圧に再充電するステップと、

前記制御電圧が前記基準電圧から変動したときに、前記電圧制御発振器の動作周波数が新たに変化するのを禁止するステップとを備えた方法。

【請求項21】前記電圧制御発振器の動作周波数変化させるステップでは、

前記制御電圧と前記基準電圧との間の関係に応じて、現在同調している周波数帯域と最高動作周波数帯域または最低動作周波数帯域との中间にある動作周波数帯域を連続的に選択する、請求項20に記載の方法。

【請求項22】前記現在同調している周波数帯域を、較正間隔の始めて、前記最低周波数帯域と前記最高周波数帯域との中间の周波数帯域に選択しておく、請求項21に記載の方法。

【請求項23】複数の離散した周波数帯域において位相同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、

前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数同調範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、

前記電圧制御発振器の制御電圧と基準電圧とを比較するステップと、

前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて、前記電圧制御発振器の動作周波数帯域を、現在選択されている周波数帯域から、現在選択されている周波数帯域とより高い動作周波数帯域またはより低い動作周波数帯域との中间の動作周波数帯域に連続的に変化させるステップと、

前記電圧制御発振器の動作周波数帯域が変化することに、前記電圧制御発振器の制御電圧を基準電圧に再充電するステップと、  
周波数帯域の前記連続的変化、および前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果から、同期状態を達成している位相同期ループをもたらしている周波数を含む動作周波数帯域を特定するステップとを備えた方法。

【請求項24】複数の離散した周波数帯域において位相同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、

前記電圧制御発振器の制御入力端子を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、

前記電圧制御発振器の初期周波数帯域を表わす2進数をSARレジスタに格納するステップと、

前記SARレジスタの内容を使って動作周波数帯域を選択するステップと、

前記電圧制御発振器の制御電圧と基準電圧とを比較するステップと、

(a) 前記基準電圧が前記制御電圧以上である場合、前記SARレジスタの内容を右にシフトさせたのち、このシフトさせた内容のMSBを「0」に設定するステップと、または、

(b) 前記基準電圧が前記制御電圧未満である場合、前記SARレジスタの内容を右にシフトさせたのち、このシフトさせた内容のMSBを「1」に設定するステップと、

前記SARレジスタの内容をシフトさせるごとに、前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に再充電するステップと、

前記電圧制御発振器の制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に従って前記SARレジスタの内容をシフトさせたのち当該シフトさせた内容のMSBを「0」または「1」に設定し、前記電圧制御発振器の制御入力端子を再充電することを、前記SARレジスタの内容をN回(ただしNは前記2進数のビット数である)シフトさせた結果、前記SARレジスタの内容が位相同期状態を達成している動作周波数帯域を特定するまで続けるステップとを備えた方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、無線周波数の信号処理技術における周波数合成器に関する。本発明は、特に、複数の周波数帯域において安定した周波数動作を可能にする自動較正(こうせい)回路を提供するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】無線電話では、多くの場合、搬送波周波数の信号を安定して発生させるために、周波数合成器を使用している。ユーザが1つのセルから別のセルへ移動

すると、移動先のセルは異なった周波数で動作しているので、送信周波数を変化させる必要がある。しかも、この送信周波数の変更は、極めて迅速に行なう必要がある。また、新たな送信周波数は、大幅に異なっている可能性がある。したがって、1つのセルから別のセルへ移動する際にユーザが全く影響を受けないようにするには、数マイクロ秒で送信周波数を新たなチャネル周波数に変更しなければならない。

【0003】周波数合成器の周波数を迅速に変化させるには、位相同期ループ(phase locked loop:P L L、フェーズ・ロックト・ループ)が新たなチャネル周波数に対して位相同期を迅速に再確立する必要がある。セルラー電話(cellular telephone)の周波数帯域全体にわたって動作できるVCO(voltage control oscillator:電圧制御発振器)はほとんど存在しないので、周波数合成器の設計は複雑である。したがって、複数の周波数帯域で動作できるVCOを使用したりあるいは、複数の周波数帯域をカバーするために、複数のVCOを備えたりする必要がある。

【0004】しかしながら、複数のVCOを使用するのは、高価であると共に、実現するのが難しい。

【0005】広い同調周波数帯域を有するVCOを実現する際に生じる余分な問題として、半導体製造プロセスの変動に起因して動作周波数が変動する結果、VCOの周波数同調範囲が10~15%変動しうる、という点が挙げられる。本発明は、対象とする全周波数範囲をカバーする複数の周波数帯域で動作すると共に、製造中のプロセスの変動の影響を受けない共通のVCOを1つだけ使用する周波数合成器を指向するものである。

##### 【0006】

【課題を解決するための手段】広い周波数帯域にわたって動作できる周波数合成器において单一のVCO(電圧制御発振器)を使ったシステムを開示する。位相同期ループのVCOを、当該VCOが様々な範囲の周波数を同調できるようにデジタルに制御する。周波数合成器の動作周波数を変更すべきときには、VCOの制御入力端子に基準電圧源を接続して当該VCOの周波数をその同調範囲の一端に設定する。VCOの制御入力端子に現れる制御電圧を監視しながら、VCOの動作周波数帯域を選択的に切り換える。VCOの制御入力端子に現れる制御電圧が基準電圧未満に低下したと比較器が判断したら、VCOの動作周波数帯域を切り換えるのを禁止する。このとき、VCOは位相同期ループにおいて位相同期状態になる。本発明によれば、各帯域を選択すること、および、新たなチャネル周波数を含む周波数帯域において位相同期を確立することは、数マイクロ秒で実行することができる。GSM電話動作モードでは、16個の動作周波数帯域を使って128チャネルの周波数を利用することができる。(GSM(global system for mobile communications)とは、欧州が標準化したディジタル

ル携帯電話システムのことである)。

【0007】

【発明の実施の形態】図1は、携帯無線電話などの用途で使う周波数合成器のブロック図である。図1に示す周波数合成器は、GSM携帯電話に応用した場合、約200 kHz間隔で最大128チャネルの周波数を供給する。図1に示す周波数合成器は、VCO12を備えている。VCO12は、その制御入力端子13に印加された制御電圧の制御下で出力周波数F<sub>out</sub>を出力する。VCO12の動作周波数は、既存の周波数合成器におけるのと同様に、事実上は分周器14が設定する。VCO12、分周器14、位相/周波数検出器16、およびループ・フィルタ17が、位相同期ループ(PLL)を形成している。基準入力端子19には、極めて安定した基準周波数F<sub>ref</sub>が印加されている。この基準入力信号と分周されたVCO12の出力信号との間の位相差を、誤差信号として検出してループ・フィルタ17に入力する。ループ・フィルタ17は位相同期ループ技術によって設計してあるので、周波数を変化させるのに許された時間内に、基準入力周波数F<sub>ref</sub>で出力周波数F<sub>out</sub>を同期するのを可能にするループ周波数帯域が得られる。(以下では周波数帯域のことを単に帯域とも言う)。

【0008】自動較正回路21は、周波数合成器用のシリアル・インターフェース22の制御下にある。セルラー電話の場合、シリアル・インターフェース22は、位相同期ループが分周器14が設定した周波数で同期することができるよう、VCO12が動作している周波数帯域を設定し直すコマンドを自動較正回路21に対して発する。セルラー電話への応用では、分周器14は、セルラー電話技術で公知のように、周波数変調器として機能しうる。

【0009】VCO12の動作周波数範囲は、自動較正回路21の制御下にある。VCO12の周波数切り替えを制御する複数の要素は、16個の動作周波数帯域の中から1つの帯域を確立する。周波数を変化させる間、自動較正回路21がVCO12の動作周波数を順次変化させると、制御入力端子13に現れる制御電圧が、VCO12が発生させる周波数が位相同期を達成すべき範囲内にある、ということを示すようになる。

【0010】図2は、VCO12を同調させることでできる様々な周波数帯域を詳細に示す図である。各帯域1～nの内で、VCO12は、基準周波数の入力信号を使って位相同期を確立することができる。図3に関して後述するように、VCO12の帯域は、VCO12のバラクタを連続的に同調させると並行して、キャバシタなどの個別同調素子を切り換えることにより、デジタルに選択する。VCO12に印加する同調容量の合計は、図2に示す周波数帯域の1つに対応している。図示したn個の周波数帯域には、公称同調範囲がある。この公称同調範囲は、製造プロセスの変動に起因してVCOごと

に変動する可能性がある。この同調範囲の歪(ゆが)みは、VCOの動作帯域が選択されたときに、本発明によって事実上修正される。

【0011】好ましい実施形態によると、動作周波数帯域の選択は、最も低い周波数帯域1から始め、VCO12が基準周波数を使って位相同期を確立する周波数を探索する過程で、最も高い周波数帯域nへ進む。探索する間、制御入力端子13を基準電圧に充電することにより、VCOをその同調範囲の上端にリセットしておく。各帯域を選択してVCO制御電圧が基準値を維持していると、分周器14が選択している周波数を含む帯域が選択されるようになる。その間に、VCOは、基準周波数を使って位相同期を始める。位相同期状態は、VCO12の制御入力端子13に現れる電圧を監視することにより観察する。制御電圧13が予設定の基準値から位相同期状態に向かって離れると、自動較正回路21は、新たな帯域選択動作を禁止することにより、VCO12の周波数帯域を確立する。

【0012】図3は、自動較正回路の詳細なブロック図である。VCO12の帯域選択部品には、VCO12の同調用バラクタ12aにスイッチ12cを介して接続されたコンデンサ・バンク12bが含まれる。同調用コンデンサ12bの選択は、VCO12の動作帯域を最大16個選択することのできるカウンタ27が outputする4ビットの信号の制御下にある。この4ビットの信号によって同調用バラクタ12aと並列に接続された同調用コンデンサ12bの各々を選択的に接続したりすることにより、VCO12の異なる動作帯域を選択する。

【0013】図1の周波数合成器のシリアル・インターフェース22を使って周波数を変更するように選択すると、シリアル・インターフェース22は、分周器14をセットすると共に、端子30を通じて自動較正回路をリセットする。そして、基準電圧源31をほんのしばらくの間スイッチ29を介してVCO12の制御入力端子13に接続する。コンデンサ32とコイル33は、VCO12の出力周波数をその周波数範囲の一端(好ましい実施形態ではVCO12の同調周波数の上限値)に予設定するため充電した状態を維持する。

【0014】周波数帯域の選択は、カウンタ27の制御下にある。カウンタ27は、プログラマブル周波数分周器35が生成する分周されたクロック・パルスをカウントして、4ビットのカウンタ出力24を変化させる。この結果、コンデンサ12bの容量が新たな値になるから、同調帯域も新たなものになる。カウンタ27が印加するパルスには十分な幅があるので、適切な帯域が選択されたときに、位相同期ループは同期をとることができる。

【0015】カウンタ27が周波数帯域を選択している間、比較器26が制御入力端子13の制御電圧を連続的

に監視している。比較器26が、制御入力端子13の制御電圧がコンデンサ32に蓄えられていた予設定の値から比較器のしきい値に等しい量だけ減少しているのを示すと、比較器26は、カウンタ27がVCO12の別の動作周波数帯域を指定するのを禁止するようにスイッチを入れる。

【0016】上述した実現例は、VCOの同調範囲を広い動作周波数範囲にまで顕著に広げる、という本発明の機能を示すものである。そして、この機能は、VCO12を様々な周波数帯域にデジタルに同調させ、かつ、バラクタ12aを使ってVCO12の周波数を各帯域中で同調させることにより実現している。さらに、既存の半導体製造技術では公差の大きな部品が産出されるので、VCO回路の同調範囲には、製造プロセスの変動に起因して大きなバラツキが生じやすい。しかし、VCOの周波数をその公称同調範囲内に同調できない場合でも、隣接するその次に高い周波数帯域を使って対象とするチャネル周波数を発生させることができる。

【0017】周波数合成器がチャネル周波数を選択するたびに、カウンタ27をリセットし、ほんのしばらくの間スイッチ29を閉じることによりコンデンサ32を再充電する。また、VCO12の制御入力端子13で位相同期を検出したときに別の周波数帯域を選択する動作を確実に禁止できるように、比較器26のしきい値は、当該比較器26を誤って動作させかねない製造中の片寄りや温度の変動を補償できる値に設定する。

【0018】本発明の好適な実施形態では、対象とするチャネル周波数を含む帯域の探索を最も低い周波数帯域から開始する。しかし、本発明の別の実施形態では、別の場所から開始してもよい。例えば、帯域番号8からカウントを開始して、VCO12の制御電圧の状態に応じて、より低い周波数帯域またはより高い周波数帯域を指向するようにカウンタ27を設定することができる。

【0019】図4は、対象とする周波数帯域を突き止めるために本発明の一実施形態で実現している二分探索樹を示す図である。この探索アルゴリズムは、探索すべき帯域の数に関して、ある仮定をすることから始まる。探索すべき帯域の数は、上述した例に従うと図4に示すように、帯域0～15の16である。探索は、中間の帯域8から開始する。例えば、帯域3に選択した対象とするシンセサイザ周波数が含まれている場合、探索アルゴリズムは、始めにVCO12の制御電圧が基準電圧よりも大きいか小さいかを判断することにより、帯域3を突き止めようとする。帯域3は帯域8よりも下にあるので、探索プロセスは、帯域8と帯域0の中間の帯域4を選択して、VCO12を帯域4で動作するように設定する。このとき、VCO12の制御入力端子13を基準電圧に再設定する。そして、上述したのと同様に、VCO12の制御電圧が既設定の基準電圧よりも高いか低いかを判断する。帯域3は帯域4より下にあるから、カウンタ2

7を帯域4と帯域0の中間すなわち帯域2に設定する。【0020】VCO12がいったん帯域2で動作したら、VCO12の制御入力端子を再充電したのち、この制御入力端子の電圧（制御電圧）と基準電圧とを比較する。帯域3は帯域2よりも上にあるから、システムは、制御電圧が基準電圧以上であることを認識する。VCO12の制御電圧の基準電圧に対する相対的な大きさが変化したことから、帯域が移動することが判明したので、移動先の帯域は、帯域3または帯域2であることが分かる。システムは、いったん帯域3に同調すると、周波数合成器を較正する信号を使って同期をとる。

【0021】以上のように、上述した二分探索アルゴリズムは、合計16個の帯域からたった4個の帯域を調べるだけで、信号周波数を含むすべての帯域を突き止めることができる。

【0022】図5は、二分探索アルゴリズムを利用して正しいVCO12の周波数帯域を探索する、本発明の一実施形態を示す図である。VCO12の適切な周波数帯域を突き止めるのに二分探索アルゴリズムを使うと、周波数合成器の出力信号の新たな周波数を選択する速度をかなり速めることができる。

【0023】図5は、上で示した実施形態（図3）と同じ基本構造を備えている。しかし、図5の実施形態では、VCO12の16個の動作周波数帯域を使い、最も低い動作周波数帯域と最も高い動作周波数帯域の中間である帯域8から探索を開始する。探索の始めで、SARレジスタ（successive approximation register:連続見積もりレジスタ）27が、VCO12の帯域8を選択するための出力として2進数「1000」を供給する。同時に、スイッチ29と基準電圧源31を通してコンデンサ32を基準電圧 $V_{ref}$ に充電する。比較器26は、VCO12の制御電圧を監視している。この制御電圧が予充電電圧レベルよりも小さくなると、比較器26は、位相同期すべき信号を含む周波数帯域が周波数帯域8未満になったことを示すようにスイッチを入れる。あるいは、VCO12の制御電圧が現在値を維持している場合、比較器26は、対象の帯域が帯域8以上であることをSARレジスタ27に示す。したがって、SARレジスタ27は、より高いまたはより低い周波数帯域に帯域を切り換えて、対象とする周波数を含む周波数帯域を探索し続ける。SARレジスタ27が印加する有効信号によって帯域が切り換えられるたびに、VCO12の制御入力端子13を再充電する。

【0024】図6は、同期した状態を創り出す周波数帯域を探索する様子を詳細に示すフローチャートを示す図である。新たな動作周波数帯域の探索を開始すべきことを示すリセット信号をシリアル・インターフェース22から受信すると、プロセスはステップ40から開始する。SARレジスタ27が出力する4ビットの出力信号nによって16個の周波数帯域を識別することができるか

ら、インデックス  $i$  は、16個の異なった帯域を表わす  $N$  (すなわち4ビット) に設定する (ステップ41)。したがって、探索を開始する中間帯域は、SARレジスタ27が「1000」(帯域8)に設定する。これにより、スイッチ29がVCO12の制御電圧をVCO12の同調帯域の上端に予設定することも可能になる。

【0025】判断ブロック42では、VCO12の制御電圧を調べる。制御電圧が予設定した基準値未満の場合、SARレジスタ27の内容である「1000」を右に1ビットだけシフトさせたのち、ステップ43でMSB (most significant bit: 最上位のビット)  $b_1$  を「0」に設定する。このとき、SARレジスタ27が出力しORゲートを通過した有効信号によってスイッチ29が閉じる。この結果、コンデンサ32が基準電圧  $V_{ref}$  に再充電される (ステップ46) ので、VCO12の制御電圧は、VCO12の同調帯域の上端に設定される。次いで、ステップ48でインデックス  $i$  をデクリメントしたのち、ステップ42で再び制御電圧を基準電圧に対して調べる。

【0026】VCOの制御電圧が基準電圧  $V_{ref}$  である (すなわち対象とする周波数帯域が帯域8以上である) 場合には、始めの2進数「1000」のビット  $b_1 \sim b_0$  を1ビットだけ右にシフトさせたのち、ステップ44でMSBである  $b_1$  を「1」に設定することにより、プロセスを継続する。

【0027】プロセスは、SARレジスタ27の内容に基づいて次の帯域として、帯域8と最も低い周波数帯域0との間の中間帯域すなわち帯域4、あるいは、帯域8と最も高い周波数帯域15との間の中間帯域すなわち帯域12を選択する。中間帯域としてどちらの帯域を選択するかは、対象とする周波数帯域が帯域8よりも小さいか大きいかどちらであると判断されたかによって決まる。ステップ42～48は、合計  $i$  回実行する。ステップ42～48で計算することに、図4の探索樹において1つのノードが突き止められる。インデックス  $i$  をデクリメントした結果「0」になったとき、対象とする周波数を含む帯域が突き止められることになる。

【0028】上述した図6の実行手順は、周波数合成器が帯域3内の信号を突き止めることになっている図4の例について説明することができる。プロセスの開始 (ステップ40)において、インデックス  $i$  を合計ビット幅が  $b_1 \sim b_0$  で表わされる「4」に設定する。インデックス「4」(すなわち「1000」)に対応する (すなわち帯域8に対応する)、VCO12の制御電圧 (制御電圧4) は、既に基準電圧  $V_{ref}$  に等しくなるように設定してある。ステップ42では、制御電圧  $V_{ref}$  が基準電圧  $V_{ref}$  未満であるか以上であるかを判断する。帯域3は帯域8よりも下であるから、ステップ43で、SARレジスタ27の内容を右に1ビットだけシフトしたのち、 $b_1$  ビットを「0」に設定する。次いで、ステップ

10

20

30

40

50

46では、ほんのしばらくの間スイッチ29を閉じてVCO12の制御入力端子13を再充電する (この結果、「0100」すなわち帯域4に対応する制御電圧が基準電圧  $V_{ref}$  と等しくなる)。次いで、ステップ48でインデックス  $i$  を1だけ減少させる。この結果、SARレジスタ27の内容は、図4の探索樹のノード4に対応する帯域4を特定している。今回も比較器26によって制御電圧  $V_{ref}$  は基準電圧  $V_{ref}$  未満であると判断されるので、ビット  $b_1 \sim b_0$  を1ビットだけ右にシフトさせたのち、ビット  $b_1$  を「0」に設定する。この結果、SARレジスタ27の内容は、「0010」となり、図4の探索樹のノード2に対応する帯域2を特定している。今回もステップ48でインデックス  $i$  を1だけ減少させて「2」から「1」にする。今回は、制御電圧  $V_{ref}$  は、基準電圧  $V_{ref}$  以上になるので、帯域2を指し示している。したがって、このことは、対象とする帯域が帯域2以上である可能性が高いことを示している。それ故、SARレジスタ27の内容を1ビットだけ右にシフトさせたのち、ビット  $b_1$  を「1」に設定する。この結果、SARレジスタ27の内容が「0011」となるので、帯域3が確立される。

【0029】図6のステップ42～49を通して各ビット位置  $b_1, b_2, b_3, b_4$  が右にシフトすると、結果として得られるSARレジスタ27の内容は、対象とする信号周波数を含む帯域を特定している。探索樹をいったん横断すると、位相同期状態が自ずと確立することになる。したがって、次のことが明らかである。対象とする周波数帯域を迅速に突き止める上述したシステムは、次に示す事項によっている。すなわち、

- (1) 周波数帯域の範囲の中間帯域から探索を開始する。
- (2) VCO12の制御電圧と基準電圧との間の関係を判断する (すなわち両者を比較する)。
- (3) この比較結果に基づいて、既設定の帯域よりも上の帯域または下の帯域を選択する。

比較の回数がSARレジスタ27が出力するビット数と等しくなった後で、図4の探索樹の最終レベルがSARレジスタ27によって明らかになる。比較器の出力によっては、対象とする帯域を突き止める探索の方向が変化する。SARレジスタ27は、対象とする周波数をふくむ周波数帯域を2つ特定することになる。この2つの周波数帯域の各々に対する比較器26の相対的な状態によって、当該2つの周波数帯域のどちらを選択するのかを決める。

【0030】本発明の上述した説明は、本発明を説明すると共に記述するものである。さらに、ここに開示したものは本発明の好適な実施形態しか示しかつ述べていなければども、本発明は、別の組み合わせ、変更、および環境で使用することができると共に、上述した教示または関連技術の熟練もしくは知識あるいは両者と等価のこ

こで述べた本発明の概念の内で変形または変更をなすことができる、ということを理解すべきである。さらに、上述した実施形態は、本発明を実施する最良の実施形態を説明すると共に、当業者がこのような（または別の）実施形態で、本発明の特定の応用または使用が必要とする様々な変更を施して本発明を利用するのを可能にすることを意図している。したがって、上述した説明は、本発明をここで開示した形態に限定することを意図していない。また、特許請求の範囲は別の実施形態を含むように解釈すべきである。

【0031】まとめとして以下の事項を開示する。

(1) 周波数合成器の位同期ループ用の自動較正システムであって、ディジタル信号に応答して動作して動作周波数帯域を変化させる、複数の周波数帯域において信号を発生させる電圧制御発振器であって、制御電圧に応答して前記複数の周波数帯域の各々の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素を備えた電圧制御発振器と、前記電圧制御発振器の1つの周波数帯域を選択する間に、前記複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタと、前記電圧制御発振器の動作周波数を前記電圧制御発振器の同調範囲の一端で確立する電圧を供給する基準電圧源と、前記電圧制御発振器の帯域変更動作の始めにおいて、前記基準電圧源を使って前記電圧制御発振器の制御入力端子を充電させるスイッチング回路と、前記カウンタをインデックス付けして前記電圧制御発振器用に別の動作帯域を選択する際に依拠するクロック信号を前記カウンタに供給するクロック信号発生器と、前記カウンタが選択した各帯域ごとに前記電圧制御発振器の制御入力端子に現れる同調電圧を検知すると共に、この制御入力端子に現れる同調電圧が充電レベルよりも減少したら前記カウンタが新たに帯域を切り換えるのを禁止する比較器とを備えた自動較正システム。

(2) 前記周波数合成器が新たな信号周波数を発生させるべきたびごとに同一の帯域を選択するように、各較正間隔の始めに前記カウンタをリセッする、上記(1)に記載の自動較正システム。

(3) 前記電圧制御発振器がその同調範囲の上端に偏倚されている、上記(1)に記載の自動較正システム。

(4) 前記周波数合成器が新たな信号周波数を発生させるべきたびごとに、前記スイッチング回路を閉じて前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電する、上記(2)に記載の自動較正システム。

(5) 前記制御入力端子は、前記スイッチング回路から印加される前記基準電圧を蓄えるコンデンサを備えている、上記(1)に記載の自動較正システム。

(6) 周波数合成器の動作周波数帯域を選択する自動較正システムであって、前記周波数合成器がディジタル信号に応答して複数の動作周波数帯域の中から1つを選択するように出力信号を発生させる電圧制御発振器であっ

て、制御電圧入力端子で受信される制御電圧に応答して前記1つの周波数帯域の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素を備えた電圧制御発振器と、前記電圧制御発振器の動作周波数を前記電圧制御発振器の同調範囲の一端で確立する電圧を前記電圧同調要素に供給する基準電圧源と、較正間隔の始めにおいて前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電するスイッチング回路と、前記電圧制御発振器の前記制御入力端子に現れる電圧と前記基準電圧とを比較する比較器と、前記周波数合成器の較正の間に前記複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタであって、前記電圧制御発振器の始めの動作帯域を設定したのち、連続的に別の動作周波数帯域に切り換えて、前記比較器が、前記制御電圧と前記基準電圧とは前記周波数合成器の位同期ループが、選択した周波数で周波数同期状態を確立していることを示す所定の関係にある、と判断するようとするカウンタとを備えた自動較正システム。

(7) 前記カウンタが始めの動作帯域を前記複数の周波数帯域の中で最も低いものに設定する、上記(6)に記載の自動較正システム。

(8) 複数の離散した周波数帯域において位同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、前記電圧制御発振器の動作周波数を離散した階段状に変化させるステップと、前記電圧制御発振器の前記制御電圧を監視するステップと、前記制御電圧が前記基準電圧から変動したときに、前記電圧制御発振器の動作周波数が現在値から変化するのを禁止するステップとを備えた方法。

(9) さらに、各較正間隔の前に前記電圧制御発振器の制御入力端子を予充電するステップを備えた、上記(8)に記載の方法。

(10) さらに、各較正間隔の前に前記電圧制御発振器の動作周波数帯域を前記複数の離散した周波数帯域の中の所定の周波数帯域にリセットするステップを備えた、上記(8)に記載の方法。

(11) 前記予充電するステップが、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の高い周波数端に設定し、前記周波数帯域の変更を最も低い動作周波数帯域から始める、上記(8)に記載の方法。

(12) 前記制御電圧が前記基準電圧未満になったら、動作周波数を新たに変更するのを禁止する、上記(9)に記載の方法。

(13) 前記動作周波数を離散した階段状に変化させるステップが、前記電圧制御発振器が基準信号を使って同期状態を達成するのを可能にする持続時間有するクロック信号を発生させるステップと、前記クロック信号をカウントして前記動作周波数帯域を変化させるステップ

を引き出し、それにより、前記基準信号を含む前記周波数帯域が選択されたときに、前記電圧制御発振器が位同期ループの同期状態を確立するステップとを備えている、上記(8)に記載の方法。

(14) 前記周波数帯域を、前記基準電圧と前記制御電圧との間の関係で決まる方向に階段状に変化させる、上記(8)に記載の方法。

(15) さらに、始めに、最も低い動作周波数帯域と最も高い動作周波数帯域との間にある動作周波数帯域を選択するステップを備えた、上記(11)に記載の方法。

(16) 周波数合成器の動作周波数帯域を選択する自動較正システムであって、前記周波数合成器の出力信号を発生させる電圧制御発振器であって、ディジタル信号に応答して選択的に動作し複数の動作周波数帯域の中から1つの動作周波数帯域を選択する複数の固定同調要素と、前記1つの動作周波数帯域の内で動作周波数を変化させる電圧同調要素とを備えた電圧制御発振器と、前記電圧制御発振器の動作周波数をその同調周波数の一端で確立する電圧を供給する基準電圧源と、前記電圧制御発振器用に新たな動作帯域が選択されることに、前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に充電するスイッチング回路と、前記電圧制御発振器の制御入力端子の電圧と前記基準電圧とを比較する比較器と、前記周波数合成器の較正の間に複数の周波数帯域の各々を選択する同調制御ディジタル信号を供給するカウンタであって、前記電圧制御発振器の始めの動作周波数帯域を設定し、前記動作周波数帯域を連続的に増減させて前記比較器が前記周波数合成器は選択された周波数で位同期状態を達成したと判断するようにするカウンタとを備えた自動較正システム。

(17) 前記カウンタが、前記電圧制御発振器の高動作周波数帯域と低動作周波数帯域との間にあり、前記電圧制御発振器の初期動作周波数帯域を選択し、前記選択された周波数を探索する間、前記制御電圧と前記基準電圧との比較の結果に応じて前記初期動作周波数帯域をより高いまたはより低い動作周波数帯域に連続的に変化させるようにプログラムされている、上記(16)に記載の自動較正システム。

(18) 前記カウンタがSARレジスタであり、前記SARレジスタは、クロック・パルスに応答してその内容を前記初期動作周波数帯域を特定している初期カウント値から右にシフトさせ、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じてそのMSBの値を変更する、上記(17)に記載の自動較正システム。

(19) 前記カウンタが、前記高動作周波数帯域と前記低動作周波数帯域との間にあり、周波数帯域を選択し、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて前記高動作周波数帯域および前記低動作周波数帯域の一方と前記中間周波数帯域との間にあり、周波数帯域を次の周波数帯域として選択する、上記(17)に記載の自動

較正システム。

(20) 複数の離散した周波数帯域において位同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、前記制御電圧と基準電圧とを比較することにより前記電圧制御発振器の前記制御電圧を監視するステップと、前記電圧制御発振器の動作周波数を、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて、より高いまたはより低い動作周波数帯域に離散した階段状に変化させるステップと、前記電圧制御発振器の動作周波数帯域が変化することに、前記電圧制御発振器の制御電圧を基準電圧に再充電するステップと、前記制御電圧が前記基準電圧から変動したときに、前記電圧制御発振器の動作周波数が新たに変化するのを禁止するステップとを備えた方法。

(21) 前記電圧制御発振器の動作周波数変化させるステップでは、前記制御電圧と前記基準電圧との間の関係に応じて、現在同調している周波数帯域と最高動作周波数帯域または最低動作周波数帯域との中间にある動作周波数帯域を連続的に選択する、上記(20)に記載の方法。

(22) 前記現在同調している周波数帯域を、較正間隔の始めに、前記最低周波数帯域と前記最高周波数帯域との中间の周波数帯域を選択しておく、上記(21)に記載の方法。

(23) 複数の離散した周波数帯域において位同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、前記電圧制御発振器の制御電圧を、前記電圧制御発振器をその周波数同調範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、前記電圧制御発振器の制御電圧と基準電圧とを比較するステップと、前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に応じて、前記電圧制御発振器の動作周波数帯域を、現在選択されている周波数帯域から、現在選択されている周波数帯域とより高い動作周波数帯域またはより低い動作周波数帯域との中间の動作周波数帯域に連続的に変化させるステップと、前記電圧制御発振器の動作周波数帯域が変化することに、前記電圧制御発振器の制御電圧を基準電圧に再充電するステップと、周波数帯域の前記連続的変化、および前記制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果から、同期状態を達成している位同期ループをもたらしている周波数を含む動作周波数帯域を特定するステップとを備えた方法。

(24) 複数の離散した周波数帯域において位同期ループで動作する電圧制御発振器を自動較正する方法であって、前記電圧制御発振器の制御入力端子を、前記電圧制御発振器をその周波数範囲の一端に設定する基準電圧に予充電するステップと、前記電圧制御発振器の初期周波数帯域を表わす2進数をSARレジスタに格納するス

17  
テップと、前記SARレジスタの内容を使って動作周波数帯域を選択するステップと、前記電圧制御発振器の制御電圧と基準電圧とを比較するステップと、(a)前記基準電圧が前記制御電圧以上である場合、前記SARレジスタの内容を右にシフトさせたのち、このシフトさせた内容のMSBを「0」に設定するステップと、または、(b)前記基準電圧が前記制御電圧未満である場合、前記SARレジスタの内容を右にシフトさせたのち、このシフトさせた内容のMSBを「1」に設定するステップと、前記SARレジスタの内容をシフトさせるごとに、前記電圧制御発振器の制御入力端子を前記基準電圧に再充電するステップと、前記電圧制御発振器の制御電圧と前記基準電圧とを比較した結果に従って前記SARレジスタの内容をシフトさせたのち当該シフトさせた内容のMSBを「0」または「1」に設定し、前記電圧制御発振器の制御入力端子を再充電することを、前記SARレジスタの内容をN回(ただしNは前記2進数のビット数である)シフトさせた結果、前記SARレジスタの内容が位相同期状態を達成している動作周波数帯域を特定するまで続けるステップとを備えた方法。

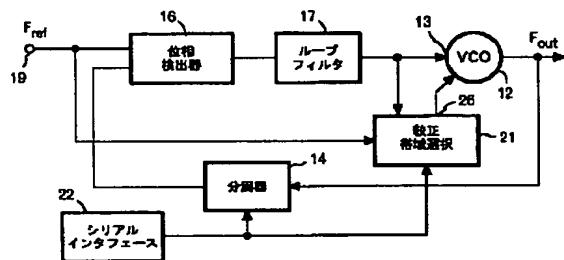
10

20

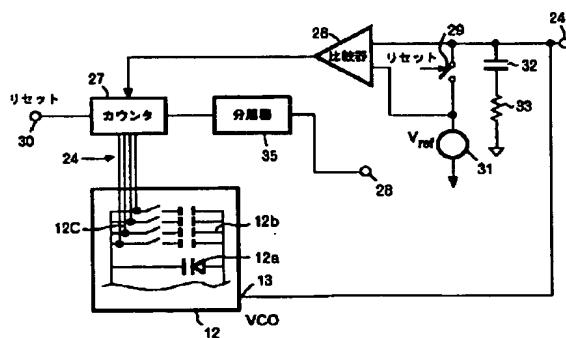
【図面の簡単な説明】

【図1】複数の周波数帯域で動作する位相同期ループ\*

【図1】



【図3】



\*を備えた周波数合成器を示す図である。

【図2】VCO(電圧制御発振器)の複数の動作周波数帯域の各々の同調範囲を示す図である。

【図3】VCOの各動作帯域を選択する、本発明の一実施形態による自動較正回路のブロック図である。

【図4】VCOの動作帯域を突き止めるのに使うことのできる二分探索アルゴリズムを示す図である。

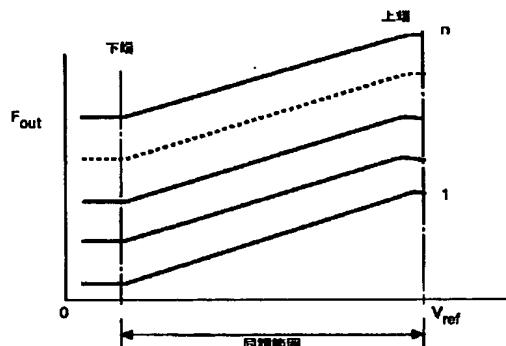
【図5】二分探索アルゴリズムを使ってVCOの動作帯域を突き止める、本発明の一実施形態のブロック図である。

【図6】同期した状態を創り出す周波数帯域を探索する様子を示すフローチャートを示す図である。

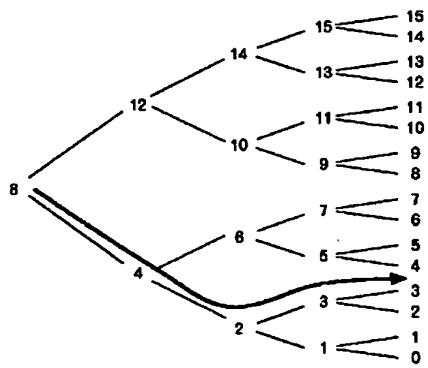
【符号の説明】

12…VCO、12a…バラクタ、12b…コンデンサ・バンク、12c…スイッチ、13…制御入力端子、14…分周器、16…位相/周波数検出器、17…ループ・フィルタ、19…基準入力端子、21…自動較正回路、22…シリアル・インターフェース、26…比較器、27…SARレジスタ、28…スイッチ、30…端子、31…基準電圧源、32…コンデンサ、33…コイル、35…分周器、37…ORゲート。

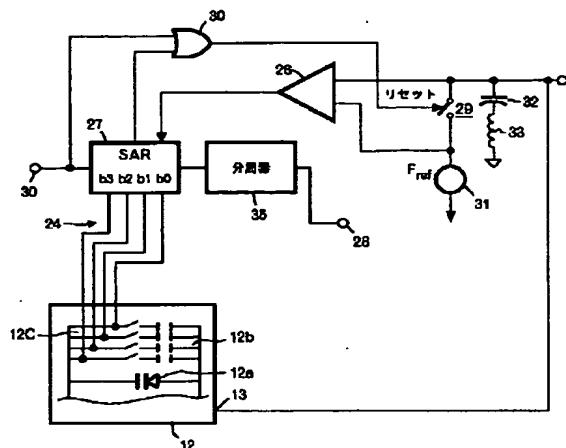
【図2】



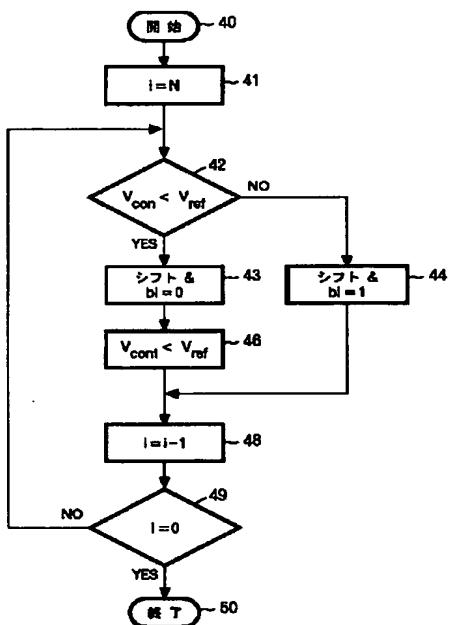
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 アミット・バースタイン  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州  
 01876、テューケスペリー、アルクストー  
 ン アベニュー 2210

F ターム(参考) 5J106 AA04 BB01 CC01 CC21 CC41  
 CC53 DD17 GG01 HH03 KK03  
 PP03 QQ09 RR12 RR17 RR20  
 SS05